



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 43 443 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 02 B 26/08**  
G 02 B 26/02

②1 Aktenzeichen: 196 43 443.2  
②2 Anmeldetag: 22. 10. 96  
④3 Offenlegungstag: 23. 4. 98

DE 196 43 443 A 1

⑦1 Anmelder:

Steinchen, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., 34128 Kassel,  
DE; Mäckel, Peter, Dipl.-Ing., 34125 Kassel, DE;  
Kupfer, Gerhard, Ing. (grad.), 34270 Schauenburg,  
DE; Yang, Lianxiang, 34125 Kassel, DE

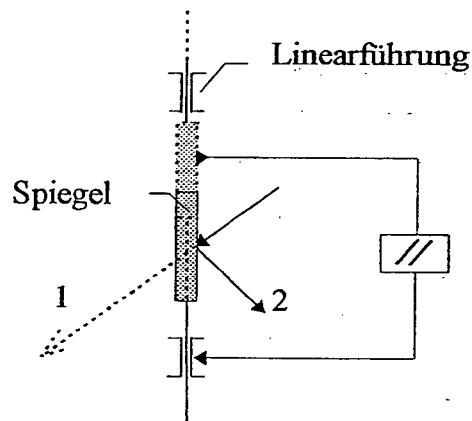
⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Mechanische Lichtstrahlweiche

⑤7 Eine Lichtstrahlweiche ermöglicht die schaltbare Auf-  
teilung eines Lichtstrahls in verschiedene Richtungen.  
Eine Lichtstrahlweiche kann z. B. durch bewegliche Spie-  
gel oder Prismen realisiert werden, die im Strahlengang  
kippter oder verschieblich angeordnet werden. Diese  
mechanischen Anordnungen haben den Nachteil, daß die  
Wiederholgenauigkeit bezüglich des Umlenkungswinkels, des  
Parallelversatzes und der Phasenlage des Lichtes durch  
die mechanische Positionierung Grenzen gesetzt sind.  
Die Erfindung stellt eine Anordnung dar, bei der eine  
hohe Wiederholgenauigkeit der auf einfache mechani-  
sche Weise realisiert werden kann, indem die Umlenkung  
weitgehendst unabhängig sowohl von den mechani-  
schen Antriebs- bzw. Steuergerät als auch von entspre-  
chenden Anschlüssen zur Positionierung ist. Dies wird da-  
durch erreicht, daß eine Spiegeloberfläche in den Strah-  
lengang bewegt wird, die möglichst genau parallel zu ih-  
rer Bewegungsrichtung ausgerichtet ist, so daß die Um-  
lenkung des Strahls unabhängig von der Positionierung  
des Spiegels in der Bewegungsebene wird. Die Genauig-  
keit der Bewegung wird von der verwendeten Linearfüh-  
rung bestimmt. In einer Testanordnung kann der Spiegel  
gegenüber der Linearführung hochgenau parallel ausge-  
richtet werden.



DE 196 43 443 A 1

In optischen Geräten, die mit Lichtstrahlen arbeiten, besteht häufig die Notwendigkeit, die Richtung des Strahlengangs schaltbar umzulenken, um den Lichtstrahl jeweils über bestimmte Zeiträume in verschiedene Richtungen aufzuteilen. Die Funktion eines solchen Bauteils ist vergleichbar mit der Funktion einer Weiche für Schienenfahrzeuge. Aufgrund dieser Analogie wurde hier der Begriff Lichtstrahlweiche oder Laserstrahlweiche für ein derartiges Bauteil gewählt. Eine Anwendung von Laserstrahlweichen ist z. B. in ESPSL-Geräten für in-plane Beobachtung gegeben, bei der die Beleuchtung eines Objektes aus verschiedenen Richtungen erforderlich ist.

Eine Lichtstrahlweiche kann auf mechanische Weise durch bewegliche Spiegel oder durchsichtige Körper mit entsprechendem Brechungswinkel realisiert werden, die im Strahlengang kippbar oder verschieblich angeordnet werden. Zwei Beispiele hierfür gibt Fig. 2 wieder. Die bekannten mechanischen Anordnungen zur schaltbaren Umlenkung von Lichtstrahlen haben den Nachteil, daß die Wiederholgenauigkeit der Umlenkung bezüglich des Umlenkwinkels, des Parallelversatzes und der Phasenlage des Lichtes durch die mechanische Positionierung Grenzen gesetzt sind.

Bei Geräten, bei denen diese Größen eine wichtige Rolle spielen, werden daher die Lichtstrahlengänge auf optischem Wege durch Strahlteiler bzw. halbdurchlässige Spiegel aufgeteilt und der jeweils nicht benötigte Strahlengang durch einen Verschluss ausgeblendet. Einen prinzipiellen Aufbau hierzu zeigt Fig. 3. Ein Nachteil hierbei ist, daß durch das Aufteilen des Lichtstrahls der entsprechende Leistungsanteil des ausgeblendeten Lichtes verloren geht. Bei zwei geforderten Richtungen mit gleicher Lichtleistung bleibt dementsprechend jeweils nur max. 50% der ursprünglichen Lichtleistung übrig. Bei drei Richtungen steht nur noch max. 1/3 des Lichtes zur weiteren Verwendung zur Verfügung, wobei ein spezieller Strahlteiler mit einer Intensitätsaufteilung von 1/3 zu 2/3 notwendig wird. Diese optisch-mechanische Lösung wird nicht nur wegen der notwendigen optischen Elemente, sondern auch wegen der notwendigen größeren Lichtleistung gegenüber einer mechanischen Anordnung entsprechend teuer.

Eine mechanische Lichtstrahlweiche mit großer Wiederholgenauigkeit bezüglich des Umlenkwinkels, des Parallelversatzes und der Phasenlage des Lichtes von Schaltvorgang zu Schaltvorgang wäre daher wünschenswert. Bei herkömmlichen Anordnungen wird z. B. die Positionierung eines Spiegels im Strahlengang durch Anschläge oder Winkel- bzw. weggesteuerte Antriebe erreicht. Anschläge haben jedoch den Nachteil, daß sie durch Abnutzung und Verschmutzung Kontrollen und Nachjustierungen erfordern. Winkel- und weggesteuerte Antriebe sind vergleichsweise teuer und entsprechend der geforderten Genauigkeit auch empfindlich.

Die Erfindung zeigt eine einfache Anordnung für eine mechanische Lichtstrahlweiche auf, bei der eine hohe Wiederholgenauigkeit der Richtungsänderung bezüglich des Umlenkwinkels, des Parallelversatzes und der Phasenlage des Lichtes auf einfache mechanische Weise erzielt werden kann. Die große Wiederholfähigkeit der Umlenkung sowie der einfache mechanische Aufbau wird gegenüber bekannten Anordnungen dadurch erreicht, daß die Umlenkung weitgehendst unabhängig sowohl von den mechanischen Antriebs- bzw. Steuergeräten als auch von entsprechenden Anschlägen zur Positionierung eines Spiegels im Strahlengang realisiert wurde. Auf die präzise Positionierung des Spiegels bei jedem Umschaltvorgang kann nämlich verzichtet werden, indem die Spiegeloberfläche möglichst genau

parallel zu seiner Bewegungsrichtung ausgerichtet wird. Genaugenommen müssen möglichst die Normalenvektoren der Bereiche von der Spiegeloberfläche, welche in den umzulenkenden Lichtstrahl eingeführt bzw. herausgeführt wird, möglichst genau senkrecht zu ihrer Bewegungsrichtung (d. h. entsprechend tangential bei einer Kurvenführung) ausgerichtet sein, die durch die verwendete Führung bestimmt wird. Die Normalenvektoren einer ebenen Oberfläche bewegen sich also parallel bzw. in einer Ebene. Entsprechend ist dies auch im Fall einer zylindrischen Oberfläche durch eine Kreisbogenführung möglich.

Wie Fig. 1 zeigt ist so die Umlenkrichtung des Lichtstrahls unabhängig von der Länge des Verfahrensweges und somit unabhängig von Antrieb oder Anschlägen. Da die Herstellung planer Spiegelflächen sehr genau möglich ist, fallen die Abweichungen durch eine ungleichmäßige Spiegeloberfläche selbst sehr gering aus. Die Abweichungen durch die Linearführung des Spiegels ist von seinem Prinzip und seiner Ausführung abhängig. Bevorzugt wird hier die Verwendung von Festkörpergelenken zur Führung eines linearbeweglichen Schlittens auf dem der Spiegel befestigt ist. Auf diese Weise werden Spiel und Verschmutzungsanfälligkeit gegenüber Linearführungen mit Gleit- oder Wälzgelenken vermieden. Ein Beispiel hierfür zeigt Fig. 4. Die Anordnung nach Fig. 4 besteht aus einem Parallelogramm mit Festkörpergelenken aus Federkörpern. Das Parallelogramm selbst erzeugt keine wirkliche Geradbewegung des Spiegels. Die obere Platte senkt sich mit der Auslenkung entsprechend weiter ab. Der Spiegel dreht sich zwar dadurch noch um eine Achse, die senkrecht zu seiner Oberfläche (d. h. parallel zu dessen Normalenvektor verläuft), der Spiegel selbst bewegt sich jedoch nicht in Richtung des Normalenvektors. Eine Führung des Spiegels in einer Ebene wäre daher auch auf einer Kreisbahn also z. B. nur durch ein Kreuzfedergelenk möglich.

In einer Testanordnung nach Fig. 5 kann der Spiegel gegenüber der Linearführung hochgenau parallel ausgerichtet werden. Dabei muß der Spiegel einen Laserstrahl an einen weit entfernten markierten Punkt reflektieren. Der Spiegel muß solange z. B. über Stellschrauben justiert werden, bis der reflektierte Strahl trotz der Bewegung der Linearverschiebeeinheit nahezu am selben Ort verbleibt.

Neben dem Spiegel kann auch ein durchstrahlbarer Körper mit differierendem Brechungsindex gegenüber der Umgebung verwendet werden, der einen Versatz des Strahlengangs erzeugt und somit eine Aufteilung des Strahls in verschiedene Richtungen ermöglicht. Dies ist jedoch meist auch mit Reflexion und somit mit Leistungsverlusten gegenüber der Verwendung von Spiegeln verbunden. Fig. 6 zeigt das Beispiel einer Laserweiche, die die Aufteilung eines Lichtstrahles mit einem Linearschlitten in drei Richtungen ermöglicht. Hierbei wurden zwei parallel versetzte Spiegel auf dem Linearschlitten angeordnet, die jeweils in den Strahlengang verfahren werden können, wenn der Schlitten zur einen oder anderen Seite verschoben wird. Diese beiden Stellungen skizzieren Fig. 6a und 6c. In der Mittelstellung, dargestellt in Fig. 6b geht der Lichtstrahl zwischen den Spiegeln hindurch. Die Linearführung kann ggf. noch zusätzlich mit zentrierenden Anschlägen oder durch positionierende Antriebe ergänzt werden.

#### Patentansprüche

1. Mechanische Lichtstrahlweiche, dadurch gekennzeichnet, daß möglichst der/die Normalenvektor(en) der Bereiche von der/den Spiegeloberfläche(n) bzw. Spiegelebene(n) oder den Oberflächen eines durchstrahlbaren Körpers mit unterschiedlichem Brechungs-

index bezüglich der Umgebung, welche in den/die um-  
 zulenkenden Lichtstrahl(en) eingeführt bzw. aus dem  
 Lichtstrahl(en) herausgefahren wird/werden, möglichst  
 genau senkrecht zu seiner/ihrer Bewegungsrich-  
 tung(en) bzw. Bewegungsebene (d. h. entsprechend  
 tangential bei einer Kurvenführung) ausgerichtet ist/  
 sind, die durch die verwendete Führung bestimmt wird,  
 und daher die Normalenvektoren einer ebenen Oberflä-  
 che parallel bzw. in einer Ebene bewegt werden bzw.  
 entsprechend bei einer zylinderrförmigen Oberfläche  
 auf einem Kreisbogen geführt werden, so daß die Um-  
 lenkung des Lichtstrahls mit großer Wiederholgenau-  
 keit bezüglich des Umlenkwinkel, des Parallelversat-  
 zes und der Phasenlage des Lichtes erfolgen kann.

2. Mechanische Lichtstrahlweiche nach Anspruch 1,  
 dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegeloberfläche(n)  
 oder die Oberflächen eines durchstrahlbaren Körpers  
 mit unterschiedlichem Brechungsindex bezüglich der  
 Umgebung relativ zur Führung einstellbar bzw. justier-  
 bar sind, so daß die Ausrichtung der Oberfläche nach  
 Anspruch 1 möglichst erfüllt werden kann.

3. Mechanische Lichtstrahlweiche nach Ansprüchen 1  
 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung zu-  
 sätzlich auch mit Anschlägen oder positionierbaren  
 Antriebs- oder Steuermechanismen zur Positionierung  
 des/der Spiegel(s) ergänzt werden kann, um zusätzlich  
 zu der Maßnahme nach Anspruch 1 eine möglichst  
 große Wiederholgenauigkeit bei der Umlenkung des  
 Lichtstrahls bezüglich des Umlenkwinkel, des Parallel-  
 versatzes und der Phasenlage des Lichtes zu erreichen.

4. Mechanische Lichtstrahlweiche gemäß Anspruch 1,  
 2 und 3 vorteilhaft dadurch ausgebildet, daß die Ebe-  
 nenführung oder Linearführung des/der Spiegel(s)  
 bzw. der entsprechenden Oberflächen eines durch-  
 strahlbaren Körpers mit unterschiedlichem Brechungs-  
 index bezüglich der Umgebung vorzugsweise aus Fest-  
 körpergelenken, d. h. Federgelenken, z. B. über Feder-  
 parallelogramme oder/und mit Kreuzfedergelenk oder  
 sonstigen Gelenken mit geringem Spiel und geringen  
 Abweichungen in der Führung realisiert werden, wobei  
 die entsprechende Anordnung möglichst die Anforde-  
 rungen nach Anspruch 1 erfüllen soll.

5. Mechanische Lichtstrahlweiche gemäß Anspruch 1,  
 2, 3 und 4 vorteilhaft dadurch ausgebildet, daß eine zur  
 Bewegungsrichtung der Ebenenführung bzw. Linea-  
 reinheit parallel versetzte und in Bewegungsrichtung  
 der Ebenführung bzw. Lineareinheit verschobene An-  
 ordnung von zwei oder n Spiegeln oder/und durch-  
 strahlbarem Körper mit differierendem Brechungsindi-  
 zes gegenüber der Umgebung auf einer nach Anspruch  
 1 (also plan bzw. linear) geführten Ebene bzw. Linear-  
 schlitten die Aufteilung in mindestens drei bzw. n+1  
 Richtungen mit nur einer Lineareinheit möglich wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

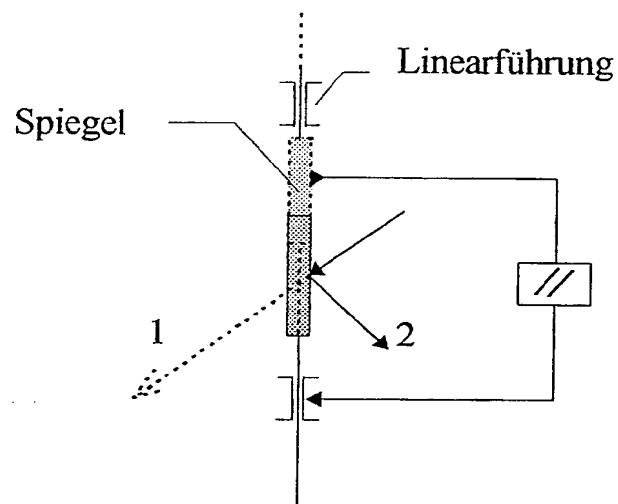


Fig. 1

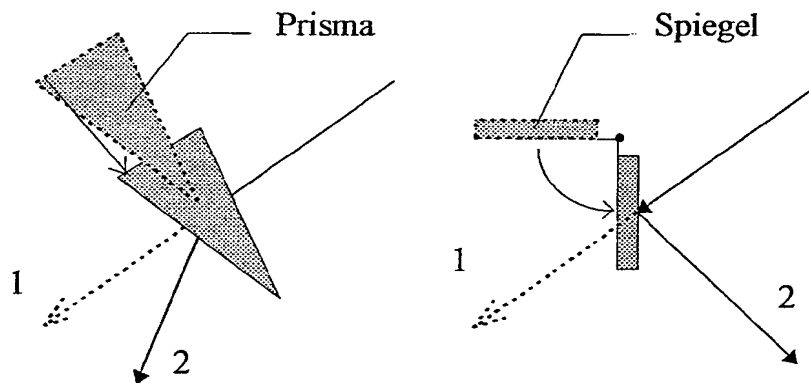


Fig. 2

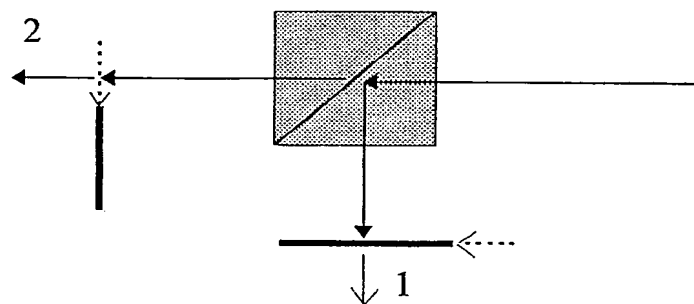


Fig. 3

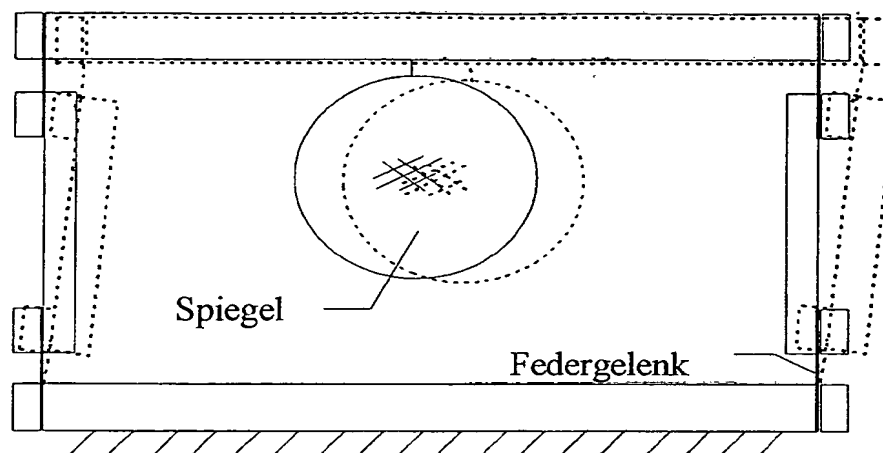


Fig. 4

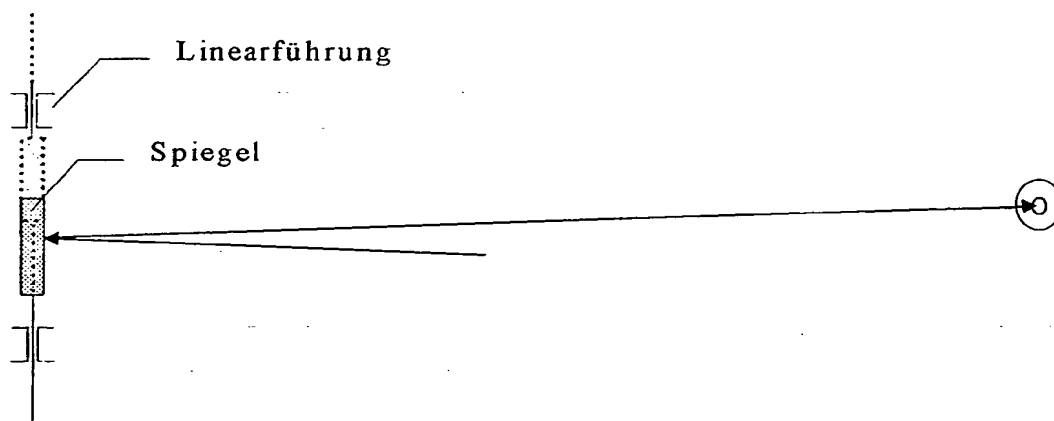


Fig. 5

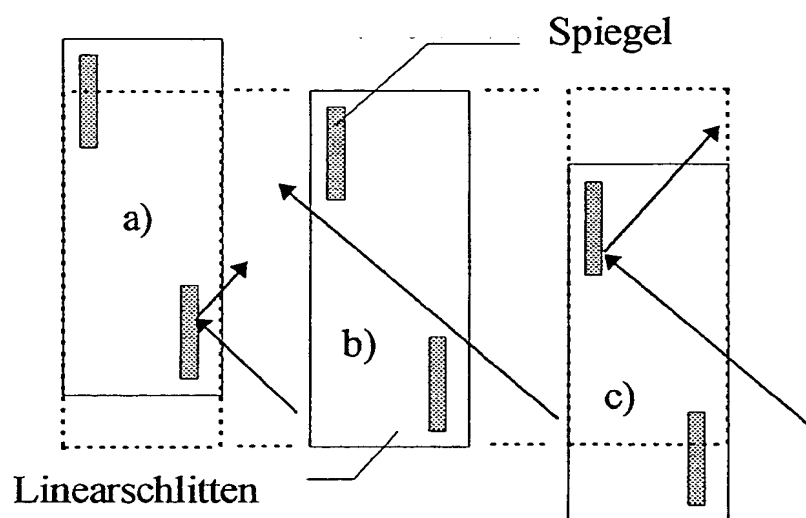


Fig. 6